УДК 331.45 https://doi.org/10.23947/2541-9129-2020-4-17-23

Расчет коллективного риска профессиональных групп литейного цеха исходя из анализа индивидуального риска каждого работника

В. В. Масленский, Н. А. Любецкая
Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Введение. В статье приводится методика определения интегрального риска в организации, на основе которой рассчитан коллективный риск нескольких профессиональных групп, занятых на литейном производстве.
Постановка задачи. Задачей данного исследования является расчет коллективного риска в литейном цехе.
Теоретическая часть. В качестве исходных данных выступают величины индивидуального профессионального риска работников в зависимости от их возраста, стажа работы, принадлежности к полу и наличия инвалидности, а также от качества условий труда, травмоопасности и подверженности к развитию профессиональных заболеваний.
Выводы (заключение). Результаты проведенного расчета свидетельствуют о высоком коллективном риске профессиональных групп литейного цеха, что требует разработки корректирующих инженерных или организационных мероприятий.

Ключевые слова: литейный цех, условия труда, профессиональные группы, индивидуальный и коллективный риск.

Для цитирования: Масленский, В. В. Расчет коллективного риска профессиональных групп литейного цеха исходя из анализа индивидуального риска каждого работника / В. В. Масленский, Н. А. Любецкая // Безопасность техногенных и природных систем. — 2020. — № 4. — С. 17−23. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2020-4-17-23

Calculation of collective risk of foundry professional groups based on the analysis of individual risk of each employee

V. V. Maslenskiy, N. A. Lyubetskaya
Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Introduction. The article presents the technique of the definition of integral risk in the organization, on the basis of which the collective risk of several professional groups involved at the foundry is calculated.
Problem Statement. The purpose of this study is to calculate the collective risk in the foundry.
Theoretical Part. The initial data are the values of individual occupational risk of employees depending on their age, work experience, gender and disability, as well as the quality of working conditions, injury risk and susceptibility to the development of occupational diseases.
Conclusion. The results of the calculation indicate a high collective risk of professional groups of the foundry, which requires the development of corrective engineering or organizational measures.

Keywords: foundry, working conditions, professional groups, individual and collective risk.

For citation: Maslenskiy V. V., Lyubetskaya N. A. Calculation of collective risk of foundry professional groups based on the analysis of individual risk of each employee: Safety of Technogenic and Natural Systems. 2020;4:17−23. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2020-4-17-23

Введение. Задачи по снижению вредного и (или) опасного действия факторов производственной среды, являющихся причинами травмирования и развития профессиональных заболеваний работников, считаются одними из наиболее приоритетных в нашей стране. В связи с этим, подавляющее большинство предприятий должны обеспечивать эффективное функционирование системы управления охраной труда (СУОТ), направленной на прогнозные оценки условий и безопасности труда. Для этого в настоящий момент существует огромное множество различных методик прогнозирования рисков, которые работодатель вправе выбирать самостоятельно.

Актуальность темы исследования. К сожалению, опыт изучения данного вопроса показывает, что в основном применяются наименее совершенные методики, которые не способны учитывать абсолютно все факторы, влияющие на риск. Например, на одном из машиностроительных предприятий Ростовской области (ООО «ПК «НЭВЗ», г. Новочеркасск) используется матричный метод оценки рисков, благодаря которому

службе охраны труда ООО «ПК «НЭВЗ» удалось построить карту рисков (рис. 1), где изображены наиболее подверженные действию рискообразующих факторов подразделения завода.

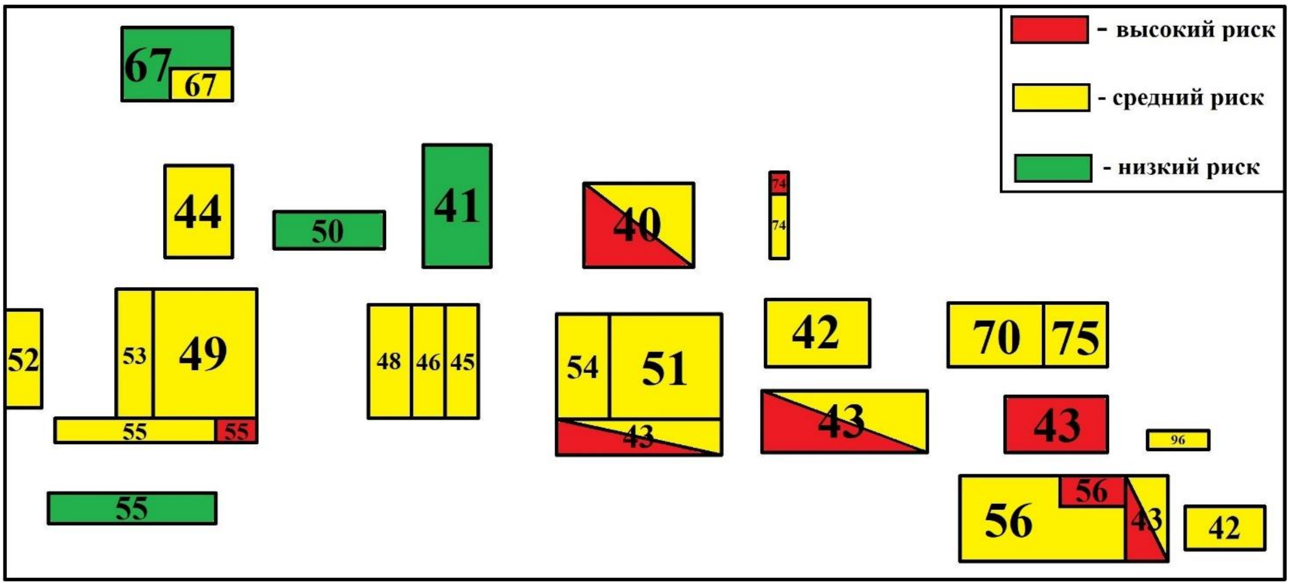


Рис. 1. Карта рисков ООО «ПК «НЭВЗ»

Однако в ходе анализа применения данного метода в литейном цехе № 40 был выявлен ряд его недостатков:

— в качестве исходных данных для оценки рассмотрены только опасные факторы, в то время как величины вредных факторов, вносящие значительный вклад в профессиональный риск, остаются неучтенными;

— не предусмотрена оценка рисков возникновения профессиональных заболеваний;

— не ясна роль степени защищенности работников средствами индивидуальной защиты, снижающими негативное влияние факторов рабочей среды;

— не учтено состояние здоровья работников, ухудшение которого может усугублять воздействие вредных и (или) опасных факторов;

— не приняты во внимание персональные данные работников (пол, возраст, стаж работы), которые могут указывать на причины нарушений требований охраны труда и могут послужить для выявления таковых в дальнейшем.

Все вышеперечисленные недостатки компенсирует метод оценки коллективного риска работников, который представляет собой математико-статистическую величину, получаемую путем анализа показателей индивидуального профессионального риска (ИПР) работников предприятия, систематизированных по видам профессий, либо по структурным подразделениям.

Постановка задачи. Помимо методики определения ИПР, являющегося основой для расчета коллективного риска, есть и другие численные методики оценки риска работника, однако их применение напрямую влияет на достоверность итогового результата. К примеру, в работе [1] представлен ранее упомянутый матричный метод, заключающийся в экспертном определении уровней вероятности наступления неблагоприятного события и тяжести его последствий. Результатом оценки риска при помощи матричного метода служит построение матрицы, в которой произведена классификация рисков в зависимости от их величины (таблица 1). Выделяют допустимые риски (< 20), средние риски (от 20 до 39), сильные риски (от 40 до 99) и недопустимые риски (> 100).

Таблица 1

Матрица рисков

Степень тяжести (коэффициент) / Вероятность воздействия (коэффициент)	Повреждения, не приводящие к вреду здоровья (2)	ЛЕГКАЯ (6)	СРЕДНЯЯ (10)	ТЯЖЕЛАЯ (20)
Редко (2)	4	12	20	40
Часто (6)	12	36	60	120
Очень часто (10)	20	60	100	200

В качестве достоинства данного метода можно выделить его простоту и невысокие требования к квалификации эксперта.

Логико-возможностный метод [2] является намного более точным по сравнению с матричным методом. Его преимущество связано с оценкой возможностной меры реализации неблагоприятного события, включающей в себя фактические значения воздействующего параметра s и определенные на основании гигиенических нормативов значения параметра восприимчивости r. В результате на основании полученных данных можно построить возможностную форму функции реализации любого неблагоприятного события (рис. 2).

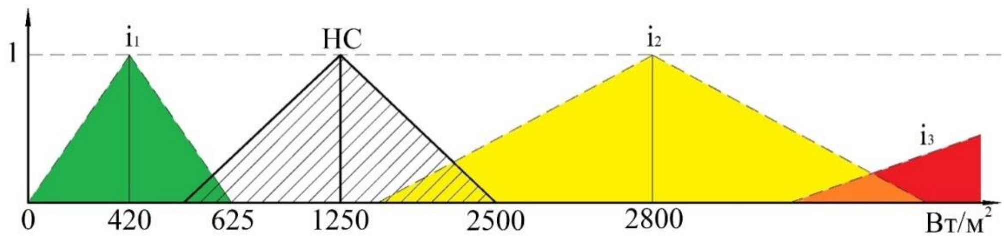


Рис. 2. Возможностная форма функции реализации неблагоприятного события НС при воздействии теплового излучения: i_1 — легкий исход; i_2 — тяжелый исход; i_3 — смертельный исход

Целью данного исследования послужило определение коллективного риска работников наиболее многочисленных и подверженных воздействию опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) профессиональных групп литейного цеха, основываясь на значениях их индивидуального риска травмирования и развития профессионального заболевания.

Объекты исследования, т. е. профессиональные группы, были представлены работниками профессий «Земледел», «Стерженщик ручной формовки» и «Плавильщик металла и сплавов». Численность работающих представлена в таблице 2.

Таблица 2

Численность работающих некоторых профессиональных групп литейного цеха ООО «ПК «НЭВЗ»

	Численность работников профессии		
	«Земледел»	«Стерженщик ручной формовки»	«Плавильщик металла и сплавов»
на всех аналогичных рабочих местах	10	24	4
из них:			
женщин	9	17	0
лиц в возрасте до 18 лет	0	0	0
инвалидов, допущенных к выполнению работ на данном рабочем месте	0	4	0

Исходными данными к расчету коллективного риска выступили величины ИПР работников в зависимости от их возраста, стажа работы, принадлежности к полу и наличия инвалидности (таблица 3) [3–5].

Таблица 3

Величины ИПР работающих некоторых профессиональных групп литейного цеха ООО «ПК «НЭВЗ»

Пол	Возраст	Стаж работы	Инвалидность	Величины ИПР работников профессии		
				«Земледел»	«Стерженщик ручной формовки»	«Плавильщик металла и сплавов»
мужской	18–27	0–10	–	–	0,23	–
	28–37	11–20	–	–	0,30	0,34
	38–47	21–30	+	0,48	0,43 (0,86)*	0,46
	48–57	31–40	+	–	0,45 (0,59)	–
	58–67	41–50	–	–	–	–
женский	18–27	0–10	–	0,25	0,20	–
	28–37	11–20	–	0,37	0,35	–
	38–47	21–30	–	0,44	0,36	–
	48–57	31–40	+	0,51	0,41 (0,62)	–
	58–67	41–50	+	–	0,56 (0,83)	–
* в скобках указаны величины ИПР работников с инвалидностью						

Теоретическая часть. За расчетную основу для нахождения коллективного риска взята методика определения интегрального показателя уровня профессионального риска в организации (УПРО) [6], включающая в себя следующую последовательность:

1. Суммирование величин ИПР каждого работника отдельной профессиональной группы ($ИПР_i$):

$$КР = \sum_{i=1}^{m} ИПР_i, \quad (1)$$

где m — численность работающих в профессиональной группе.

$$КР_з = 0{,}48 + 0{,}25 \cdot 3 + 0{,}37 \cdot 3 + 0{,}44 \cdot 2 + 0{,}51 = 3{,}73;$$

$$КР_с = 0{,}23 \cdot 2 + 0{,}30 + 0{,}43 + 0{,}86 + 0{,}45 + 0{,}59 + 0{,}20 \cdot 7 + 0{,}35 \cdot 5 + 0{,}36 + 0{,}41 + 0{,}62 + 0{,}56 + 0{,}83 = 9{,}02;$$

$$КР_п = 0{,}34 \cdot 2 + 0{,}46 \cdot 2 = 1{,}60.$$

Расчет средней величины коллективного риска отдельной профессиональной группы:

$$КС = КР/m. \quad (2)$$

$$КС_з = 3{,}73/10 = 0{,}37;$$

$$КС_с = 9{,}02/24 = 0{,}38;$$

$$КС_п = 1{,}60/4 = 0{,}40.$$

Суммирование квадратов отклонений величин ИПР каждого работника отдельной профессиональной группы от средней величины коллективного риска отдельной профессиональной группы:

$$КК = \sum_{i=1}^{m} (ИПР_i - КС)^2. \quad (3)$$

$$КК_з = (0{,}48 - 0{,}37)^2 + (0{,}25 - 0{,}37)^2 \cdot 3 + (0{,}37 - 0{,}37)^2 \cdot 3 + (0{,}44 - 0{,}37)^2 \cdot 2 + (0{,}51 - 0{,}37)^2 = 0{,}0847;$$

$$КК_с = (0{,}23 - 0{,}38)^2 \cdot 2 + (0{,}30 - 0{,}38)^2 + (0{,}43 - 0{,}38)^2 + (0{,}86 - 0{,}38)^2 + (0{,}45 - 0{,}38)^2 + (0{,}59 - 0{,}38)^2 + (0{,}20 - 0{,}38)^2 \cdot 7 + (0{,}35 - 0{,}38)^2 \cdot 5 + (0{,}36 - 0{,}38)^2 + (0{,}41 - 0{,}38)^2 + (0{,}62 - 0{,}38)^2 + (0{,}56 - 0{,}38)^2 + (0{,}83 - 0{,}38)^2 = 0{,}8584;$$

$$КК_з = (0{,}34 - 0{,}40)^2 \cdot 2 + (0{,}46 - 0{,}40)^2 \cdot 2 = 0{,}0104.$$

Определение веса величины коллективного риска отдельной профессиональной группы:

$$КВ = (m - 1)/КК. \quad (4)$$

$$КВ_з = (10 - 1)/0{,}0847 = 106{,}26;$$

$$КВ_с = (24 - 1)/0{,}8584 = 26{,}79;$$

$$КВ_п = (4 - 1)/0{,}0104 = 288{,}46.$$

Расчет средневзвешенной величины коллективного риска отдельной профессиональной группы:

$$К = КВ \cdot КС. \quad (5)$$

$$К_з = 106{,}26 \cdot 0{,}37 = 39{,}32;$$
$$К_с = 26{,}79 \cdot 0{,}38 = 10{,}18;$$
$$К_п = 288{,}46 \cdot 0{,}40 = 115{,}38.$$

Суммирование средневзвешенных величин коллективных рисков анализируемых профессиональных групп:

$$СК = \sum_{j=1}^{n}(К_j), \qquad (6)$$

где j — количество анализируемых профессиональных групп.

$$СК = 39{,}32 + 10{,}18 + 115{,}38 = 164{,}88.$$

Суммирование весов величин коллективных рисков анализируемых профессиональных групп:

$$СКВ = \sum_{j=1}^{n}(КВ_j). \qquad (7)$$

$$СКВ = 106{,}26 + 26{,}79 + 288{,}46 = 421{,}51.$$

Определение суммарного коллективного риска анализируемых профессиональных групп:

$$КР_{\Sigma} = СК/СКВ. \qquad (8)$$

$$КР_{\Sigma} = 164{,}88/421{,}51 = 0{,}39.$$

Рассчитанные по описанной методике величины показателей коллективного риска исследуемых профессиональных групп сведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты расчета коллективного риска профессиональных групп литейного цеха ООО «ПК «НЭВЗ»

№ п/п	Показатель	Величины показателей коллективного риска профессиональной группы		
		«Земледел»	«Стерженщик ручной формовки»	«Плавильщик металла и сплавов»
1	КР	3,73	9,02	1,60
2	КС	0,37	0,38	0,40
3	КК	0,0847	0,8584	0,0104
4	КВ	106,26	26,79	288,46
5	К	39,32	10,18	115,38
6	СК	164,88		
7	СКВ	421,51		
8	$КР_{\Sigma}$	0,39		

Величина $КР_{\Sigma}$ = 0,39 свидетельствует о высоком коллективном риске профессиональных групп. Причем основной вклад в коллективный риск вносят «Стерженщики ручной формовки» (рис. 3). Данный факт служит причиной для разработки действий по контролю над рисками, которые внедряются в следующем приоритете:

— устранение опасности, если это возможно;

— замена оборудования, изменение по возможности технологического процесса, использование более безопасных материалов, веществ;

— инженерно-технические решения, устройство ограждений, применение технических средств безопасности, устройство сигнализации и т.д.;

— нанесение сигнальной разметки, надписей, знаков безопасности, административные методы контроля, документально оформленные операционные процедуры, инструкции, обучение, инструктирование, контроль за исполнением процедур;

— применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), обеспечение контроля за их надлежащим использованием и уходом.

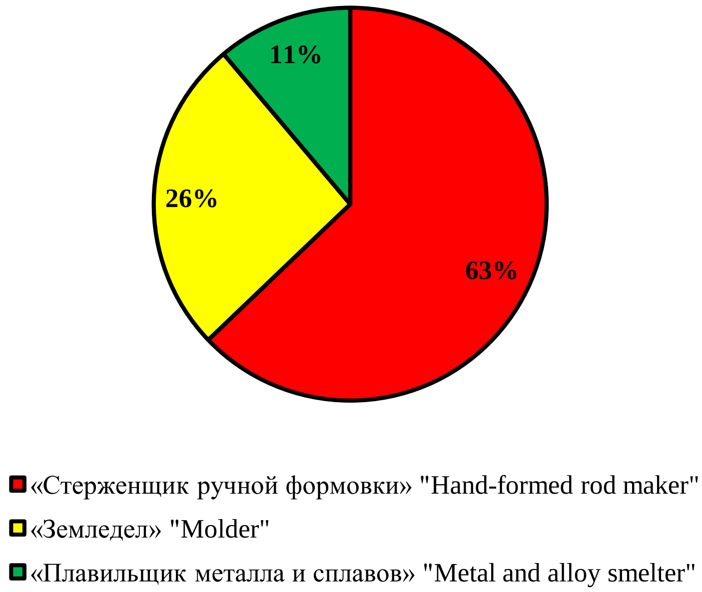


Рис. 3. Вклад анализируемых профессиональных групп в суммарный коллективный риск

В качестве возможного варианта снижения профессионального риска «Стерженщиков ручной формовки» и соответственно коллективного риска в литейном цехе ООО «ПК “НЭВЗ”» можно предложить автоматизацию технологического процесса изготовления литейных стержней, предполагающую введение в эксплуатацию формовочных машин, и, помимо этого, внедрение холоднотвердеющих смесей (ХТС). Достоинствами ХТС являются:

— отсутствие токсичных выделений;
— снижение выделения пыли при выбивке форм;
— отверждение без воздействия высоких температур [7].

Таким образом, данный подход позволит практически полностью исключить вредное воздействие ряда факторов, таких как химический фактор, пыль, параметры микроклимата и тяжесть трудового процесса.

Выводы. Оценка профессиональных рисков работников вредных производств, несомненно, является одним из ключевых элементов СУОТ предприятия. Правильность такой оценки позволяет вовремя выявлять рабочие места с неблагоприятными условиями труда, предупреждая возникновение несчастных случаев среди работающих. В данном исследовании, пользуясь результатами оценки рисков конкретных рабочих мест, определен коллективный риск целого подразделения предприятия, на основании которого выявлена наиболее подверженная риску профессия. Для работников данной профессии предложены корректирующие инженерные мероприятия, направленные на борьбу с источниками профессиональных рисков.

Библиографический список

1. Меркулова, Е. В. Оценка производственного риска и методы управления им на предприятии машиностроительного комплекса / Е. В. Меркулова, В. П. Макушкин // Auditorium. — 2019. — № 3 (23). — С. 83–93.

2. Есипов, Ю. В. Применение логико-возможностного метода для экспресс-оценки вероятности происшествия в многофакторной технической системе сталелитейного цеха / Ю. В. Есипов, Е. В. Щекина, В. В. Масленский // Безопасность техногенных и природных систем. — 2018. — № 3–4. — С. 52–63.

3. Щекина, Е. В. Оценка индивидуального профессионального риска для работников литейного производства на основе методики расчета вероятности утраты работником трудоспособности в зависимости от состояния условий труда на рабочем месте / Е. В. Щекина, В. В. Масленский // Молодой исследователь Дона. — 2018. — № 4 (13). — С. 170–179.

4. Сазонова, А. М. Интегральная оценка условий труда при строительно-монтажных работах в подземных сооружениях / А. М. Сазонова // Бюллетень результатов научных исследований. — 2016. — № 3–4(20–21). — С. 51–59.

5. Лазаренков, А. М. Классификация рабочих мест литейного производства по условиям труда / А. М. Лазаренков, С. В. Хорева // Литье и металлургия – 2009. — № 3(52). — С. 92–98.

6. Методика расчета интегрального показателя уровня профессионального риска в организации и индивидуального профессионального риска в зависимости от условий труда и состояния здоровья работника / Н. Ф. Измеров, Л. В. Прокопенко, Н. И. Симонова [и др.] // Клинский институт охраны и условий труда :[сайт]. — URL : http://www.kiout.ru/info/publish/216 (дата обращения :10.10.2020)

7. Масленский, В. В. Технология бережливого производства как элемент системы управления профессиональными рисками предприятия / В. В. Масленский / Безопасность техногенных и природных систем. — 2019. — № 4. — С. 9–12.

Сдана в редакцию 10.09.2020
Запланирована в номер 13.10.2020

Об авторах:

Масленский Виктор Валерьевич, аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» «Донской государственный технический университет» (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4618-029X, victor.maslensky@yandex.ru

Любецкая Надежда Анатольевна, магистрант кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» «Донской государственный технический университет» (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0123-7088, lnadijaa@mail.ru

Заявленный вклад соавторов:

В. В. Масленский — формирование основной концепции, цели и задачи исследования, анализ результатов исследования, доработка текста, корректировка выводов; Н. А. Любецкая — проведение расчетов, подготовка текста, формирование выводов.

Submitted 10.09.2020
Scheduled in the issue 13.10.2020

Authors:

Maslenskiy, Viktor V., Post-graduate student, Department of Life Safety and Environmental Protection, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4618-029X, victor.maslensky@yandex.ru

Lyubetskaya, Nadezhda A., Master’s degree student, Department of Life Safety and Environmental Protection, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0123-7088, lnadijaa@mail.ru

Contribution of the authors:

V. V. Maslenskiy — formulation of the main concept, goals and objectives of the research, analysis of the research results, revision of the text, correction of conclusions; N. A. Lyubetskaya — calculations, preparation of the text, formulation of conclusions.